

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JP00/04620

11.07.00

REC'D 25 AUG 2000

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月12日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第198243号

出 願 人

Applicant (s):

株式会社フジクラ

PRIORITY

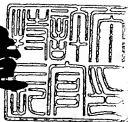
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 8月11日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3062566

【書類名】 特許願
 【整理番号】 990148
 【提出日】 平成11年 7月12日
 【あて先】 特許庁長官 殿
 【国際特許分類】 G02B 6/00
 【発明の名称】 分散シフト光ファイバ

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 谷川 庄二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 松尾 昌一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005186

【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704943

【プールの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散シフト光ファイバ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心コア部の外周上に、該中心コア部よりも高屈折率の周辺コア部が設けられ、該周辺コア部の外周上に、該周辺コア部よりも低屈折率のクラッドが設けられてなる屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて

1490～1610nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ps/km/nm}$ 、分散スロープが $0.05 \sim 0.08 \text{ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項2】 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッドの屈折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を $\Delta 2$ 、中心コア部の半径を $r 1$ 、周辺コア部の半径を $r 2$ としたとき、

$\Delta 1$ が $-0.3 \sim +0.3 \%$ 、 $\Delta 2$ が 0.8% 以上、 $r 2/r 1$ が $1.4 \sim 2.5$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項3】 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 $\Delta 1$ が 0% であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は分散シフト光ファイバに関し、大きな有効コア断面積を有し、かつ小さい分散スロープを有するものである。

【0002】

【従来技術】

従来、光ファイバ増幅器を用いた光増幅中継伝送システムなどの長距離システムにおいては、非線形光学効果を低減することが重要であり、有効コア断面積

以下 A_{eff} と略記する) を拡大することは非線形光学効果を低減するのに効果的な手法である。

一方、大容量伝送が可能な波長多重伝送システムにおいては、分散スロープの低減の要求が高まっている。分散スロープとは、波長分散値の波長依存性を示すもので、横軸に波長 (λ)、縦軸の波長分散値 ($d^2\beta/d\lambda^2$) をとって分散値をプロットした際の曲線の勾配である。

また、光通信システムの伝送路としては、実質的にシングルモードであることや、曲げ損失を 100 dB/m 以下に保つことが最低限の条件として要求されている。

【0003】

しかしながら、従来は実質的にシングルモードであることや曲げ損失を 100 dB/m 以下に保つという条件下では、 A_{eff} の拡大と分散スロープの低減の両立は困難であった。

そこで、最近では、例えば特開平10-293225号公報、特開平10-239550号公報、特開平11-119046号公報などにおいて、様々な屈折率分布形状(屈折率プロファイル)を用いて、 A_{eff} の拡大と分散スロープの低減を図る提案がなされてきた。

【0004】

これらの提案のうち、特に分散スロープの低減に主眼をおいた、 A_{eff} が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 程度で、分散スロープを $0.05 \sim 0.08 \text{ ps/km/nm}^2$ まで低減した分散シフト光ファイバ(例えば特開平11-119046号公報に開示されたもの等)は、単独で伝送路を形成する場合のみならず、種々の光通信システムに対して有効である。

また、光パワーが強く、非線形効果の影響が大きい光信号入力直後の伝送路に、 A_{eff} が大きく、分散スロープが比較的大きな分散シフト光ファイバ(例えば特開平10-293225号公報に開示されたもの等)を使用し、信号強度が低下してくる後方の伝送路に上述の低分散スロープの分散シフト光ファイバを使用することにより、全体として分散スロープを抑制した光通信システムを構築することもできる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらの分散シフト光ファイバは、例えばコアが屈折率の異なる3層以上からなるような複雑な屈折率分布形状を有する。

石英系光ファイバにおいては、各層の直径は、VAD法などによって母材を製造する際に、ガラスの体積量によって調整し、各層の屈折率はゲルマニウム、フッ素などの添加量によって調整する。したがって、上述のように複雑な屈折率分布形状を有するものを製造するにおいては、分散シフト光ファイバを構成する各層の直径や屈折率を各層毎に制御しなければならず、製造操作が煩雑になり、高コストであった。

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、Aeffの拡大と分散スロープの低減を図ることができ、かつ、できるだけ簡単な屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバを提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、特許第2668677号（特願昭61-141779号）において、コアが、低屈折率の中心コア部と、その外周に設けられた高屈折率の周辺コア部からなる比較的簡単な屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバを提案した。

この分散シフト光ファイバは、曲げ損失と接続損失を低減したものであったが、本発明者らの検討により、その構造パラメータを調整することによって、Aeffの拡大と分散スロープの低減を図ることが可能となった。

すなわち、前記課題を解決するために、本発明においては、中心コア部の外周上に、該中心コア部よりも高屈折率の周辺コア部が設けられ、該周辺コア部の外周上に、該周辺コア部よりも低屈折率のクラッドが設けられてなる屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、 $1490 \sim 1610 \text{ nm}$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが $0.05 \sim 0.08 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬

となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバを提案する。

さらに、非線形効果のひとつである4光子混合を抑制するためには、波長分散値が零ではないことが好ましい。

この分散シフト光ファイバにおいては、クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッドの屈折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を $\Delta 2$ 、中心コア部の半径を r_1 、周辺コア部の半径を r_2 としたとき、 $\Delta 1$ が $-0.3 \sim +0.3\%$ 、 $\Delta 2$ が 0.8% 以上、 r_2/r_1 が $1.4 \sim 2.5$ であると好ましい。

また、 $\Delta 1$ が 0% であると、製造が容易となり、好ましい。

【0007】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示したもので、中心の低屈折率の中心コア部1の外周上に高屈折率の周辺コア部2が設けられて2層構造のコア3が構成されている。そして、このコア3の外周上に、前記周辺コア部2よりも低屈折率のクラッド4が設けられて、クラッドを含めて3層構造の屈折率分布形状が構成されている。

【0008】

この分散シフト光ファイバにおいて、例えば中心コア部1は屈折率を低下させる作用を有するフッ素を添加した石英ガラスあるいは屈折率を上昇させる作用を有するゲルマニウムを添加した石英ガラスあるいは純石英ガラス、周辺コア部2はゲルマニウム添加石英ガラス、クラッド4は純石英ガラスから構成されている。

また、 $\Delta 1$ はクラッド4の屈折率を基準にしたときの中心コア部1の比屈折率差、 $\Delta 2$ はクラッド4の屈折率を基準にしたときの周辺コア部2の比屈折率差である。また、 r_1 は中心コア部1の半径、 r_2 は周辺コア部2の半径、 r_3 はクラッド4の半径である。

【0009】

本発明の分散シフト光ファイバの使用波長帯は $1490 \sim 1610 \text{ nm}$ の範囲

から適度な波長幅の波長帯が選択される。例えば、光通信システムに用いる光ファイバ増幅器による増幅波長帯などによって、1500～1570nmの範囲から1530～1565nmなどの所定の波長幅を有する波長帯を選択する。あるいは、例えば1570～1610nmの範囲から所定の波長幅を有する波長帯を選択することもできる。

【0010】

Aeffは以下の式から求められるものである。

【数1】

$$A_{eff} = \frac{2\pi \left\{ \int_0^a |E(a)|^2 da \right\}^2}{\int_0^a |E(a)|^4 da}$$

a: コアの半径

E(a): 半径aでの電界強度

【0011】

本発明においては、使用波長帯におけるAeffが45μm²未満であると、非線形効果の抑制が不十分である。Aeffが70μm²をこえ、かつ分散スロープが0.08ps/km/nm²以下のものは製造が困難である。

【0012】

また、本発明において、使用波長帯における分散スロープは0.05～0.08ps/km/nm²とされる。0.08ps/km/nm²をこえると、本発明の目的のひとつである分散スロープの低減が不十分となる。0.05ps/km/nm²未満のものは製造が困難である。

なお、使用波長帯における波長分散値は-6～+6ps/km/nmの範囲内であると好ましい。この範囲外であると、本発明において、実質的に分散シフト光ファイバとしての特性を満足することができない。なお、波長分散値が零の場合は非線形効果のひとつである4光子混合が発生しやすくなるため、波長分散値が零になる範囲を含まないように使用波長帯を設定すると、さらに好ましい。

【0013】

曲げ損失は、使用波長帯において曲げ直径(2R)が20mmの条件の値をいうものとする。

本発明においては、曲げ損失は100dB/m以下、好ましくは40dB/m以下とされる。使用波長帯における曲げ損失が100dB/mをこえると、分散シフト光ファイバに加えられる僅かな曲がりなどによって伝送損失が劣化しやすくなるため不都合である。

【0014】

また、本発明の分散シフト光ファイバはシングルモード光ファイバであるため、使用波長帯において、実質的にシングルモード伝搬を保証するカットオフ波長を有する必要がある。

通常のカットオフ波長は、CCITTの2m法(以下2m法と記す)による値によって規定されている。しかし、実際の長尺の使用状態においては、この値が使用波長帯の下限値よりも長波長側であってもシングルモード伝搬が可能である。

【0015】

したがって、本発明の分散シフト光ファイバにおいて、2m法で規定されるカットオフ波長は、分散シフト光ファイバの使用長さと使用波長帯によってシングルモード伝搬可能であるように設定する。具体的には、例えば2m法におけるカットオフ波長が1.7 μ mであっても、5000m程度以上の長尺の状態であれば、上述の使用波長帯におけるシングルモード伝搬を十分に実現することが可能である。

【0016】

このような特性を満足するために、図1に示した屈折率分布形状において、 $\Delta 1$ は-0.3~+0.3%の範囲から選択される。-0.3%未満の場合は分散スロープの低減が不十分となる傾向があり、+0.3%をこえるとAeffの拡大が困難となる傾向がある。

また、 $\Delta 2$ は0.8%以上の範囲から選択される。0.8%未満の場合は周辺コア部2を設けた効果が得られず、Aeffの拡大が困難となる傾向がある。ま

た、 $\Delta 2$ の上限値は特に限定するものではないが、実質的には2%とされる。

【0017】

また、 $r2/r1$ は1.4~2.5の範囲から選択される。1.4未満の場合は分散スロープの低減が不十分となる傾向がある。2.5をこえるとAeffの拡大が困難となる傾向がある。

また、 $r2$ は波長分散値が目標値となるように調整され、実質的には2~10 μm とされる。 $r3$ は通常約62.5 μm とされる。

【0018】

実際の分散シフト光ファイバにおける屈折率分布形状においては、これらの条件が実質的に満足されているでよく、例えば図1に示したように各層（中心コア部1、周辺コア部2、クラッド4）の境界が明確でなく、図2に示したように、丸みを帯びた、いわゆるだれを生じた状態であってもよい。

また、例えば $\Delta 2$ の屈折率分布形状に、いわゆるがたつきのある状態であってもよい。

【0019】

また、本発明の分散シフト光ファイバのAeff、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長は、上述の $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、および $r2/r1$ の好ましい数値範囲から任意に選択することによって実現できるものではない。すなわち、これらの数値範囲から選択した構造パラメータの組み合わせのうち、上述の特性を実現できる組み合わせを適宜選択することによって実現できるものである。

よって、本発明においては、屈折率分布形状と構造パラメータの数値範囲によって発明を特定することが困難であるため、屈折率分布形状と特性値によって発明を特定するものである。

【0020】

この分散シフト光ファイバは、上述のようにクラッドを含めて3層構造であり、例えばVAD法などによって効率よく製造することができる。特に中心コア部1とクラッド4とを純石英ガラスから構成する場合（ $\Delta 1$ が0%の場合）は、母材の製造時の屈折率の制御のための操作は、周辺コア部2となる部分にゲルマニウムをドーピングする操作のみであり、製造効率が大きく向上する。

このように比較的簡単な屈折率分布形状の分散シフト光ファイバにおいて、上述のような大きなAeffと小さな分散スロープを有し、かつ光伝送路として実用可能な曲げ損失とカットオフ波長を有するものは、従来実現されていなかったものであり、製造効率の向上や低コスト化の観点において、大きな効果が得られる。

【0021】

【実施例】

表1に示した条件で、VAD法により、実施例1～3の分散シフト光ファイバを製造した。

なお、実施例1～3において、周辺コア部はゲルマニウム添加石英ガラス、クラッドは純石英ガラスから形成し、中心コア部は、実施例1において、フッ素添加石英ガラス、実施例2において純石英ガラス、実施例3においてゲルマニウム添加石英ガラスから形成した。また、分散シフト光ファイバの外径（クラッド外径）は125 μ mとした。表1にこれらの分散シフト光ファイバの波長1550nmにおける特性値をあわせて示した。

【0022】

【表 1】

	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	$r2/r1$	λ_c (μm)	A_{eff} (μm^2)	曲げ損失 (dB/m)	分散スロープ (ps/km/nm ²)	波長分散値 (ps/km/nm)
実施例 1	-0.20	1.42	1.50	1.13	58.8	18.2	0.078	-0.8
実施例 2	0.00	1.10	1.75	1.01	51.4	19.6	0.066	1.0
実施例 3	0.20	0.90	2.00	0.96	47.6	15.2	0.061	-1.6

【0023】

表1に示したように、 A_{eff} 、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長(λ_c)において、いずれも本発明の分散シフト光ファイバの特性を満足するものを得ることができた。

【0024】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の分散シフト光ファイバは、クラッドを含めた3層構造であり、例えばVAD法などによって効率よく製造することができる。

このように比較的簡単な屈折率分布形状の分散シフト光ファイバにおいて、上述のような大きなAeffと小さな分散スロープを有し、かつ光伝送路として実用可能な曲げ損失とカットオフ波長を有するものは、従来実現されていなかったものであり、製造効率の向上や低コスト化の観点において、大きな効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示した図である。

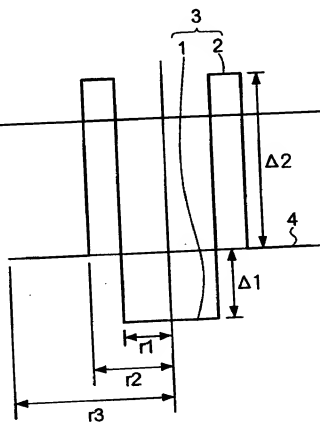
【図2】 本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示した図である。

【符号の説明】

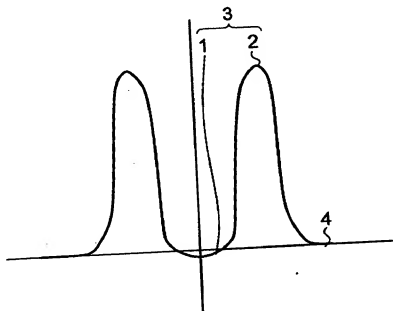
1…中心コア部、2…周辺コア部、3…コア、4…クラッド。

【書類名】 図面

【図1】



【図2】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図ることができ、かつ、できるだけ簡単な屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバを提供する。

【解決手段】 中心コア部1の外周上に、該中心コア部1よりも高屈折率の周辺コア部2が設けられ、該周辺コア部2の外周上に、該周辺コア部2よりも低屈折率のクラッド4が設けられてなる屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、 $1490 \sim 1610 \text{ nm}$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが $0.05 \sim 0.08 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバを構成する。

【選択図】

図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005186]

1. 変更年月日	1992年10月 2日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都江東区木場1丁目5番1号
氏 名	株式会社フジクラ